

PENGARUH *HOLDING TIME* DAN MEDIA PENDINGIN PADA PROSES *HARDENING* TERHADAP KEKERASAN DAN LAJU KOROSI BAJA AISI 410

Muhammad Ichlasul Rafif Setia Budi¹, Subagyo²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

email: ¹rafifsetia@gmail.com

(Artikel diterima: Desember 2020, diterima untuk terbit: Januari 2021)

Abstrak – Baja AISI 410 merupakan baja tahan karat martensitik yang sangat sering dijumpai baik di bidang industri ataupun kesehatan salah satunya dapat dijumpai pada komponen blade system turbin uap. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *holding time* dan konsentrasi garam media pendingin terhadap kekerasan dan laju korosi baja AISI 410 hasil *hardening*. Dengan penelitian eksperimental dimana baja AISI 410 di-*hardening* dengan cara dipanaskan hingga suhu 950oC, di tahan atau holding dengan variasi 10, 20, 30 menit, lanjut dengan *quenching* menggunakan air garam dengan variasi konsentrasi 0, 10, 20, 30%, dan selanjutnya diuji kekerasan dengan metode Rockwell c dan uji laju korosi dengan metode kehilangan berat. Hasilnya menunjukkan bahwa baja AISI 410 hasil *hardening* dengan variasi *holding time* menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dan laju korosi terbaik pada *holding time* 30 menit dengan nilai kekerasan 46,5 HRC dan nilai laju korosi 0,8968 MPY, sedangkan untuk variasi konsentrasi kadar garam media pendingin menghasilkan nilai kekerasan tertinggi dan laju korosi terbaik pada konsentrasi 30% dengan nilai kekerasan 45,9 HRC dan nilai laju korosi 1,1036 MPY.

Kata kunci: waktu penahanan, media pendingin, pengerasan, laju korosi

Abstract - AISI 410 steel is a martensitic stainless steel that is very often found in both the industrial and health fields, one of which can be found in the blade components of the steam turbine system. The purpose of this study was to determine the effect of holding time and salt concentration of the cooling medium on the hardness and corrosion rate of hardened AISI 410 steels. With experimental research in which AISI 410 steel is hardened by heating to a temperature of 950oC, holding or holding with variations of 10, 20, 30 minutes, followed by quenching using salt water with concentration variations of 0, 10, 20, 30%, and so on. hardness tested by Rockwell c method and corrosion rate test by weight loss method. The results show that the hardened AISI 410 steel with holding time variations produces the highest hardness value and the best corrosion rate at a holding time of 30 minutes with a hardness value of 46.5 HRC and a corrosion rate value of 0.8968 MPY, while for variations in salt concentration the cooling medium produces the highest hardness value and the best corrosion rate at a concentration of 30% with a hardness value of 45.9 HRC and a corrosion rate value of 1.1036 MPY.

Keywords: holding time, cooling medium, hardening, corrosion rate

I. PENDAHULUAN

Baja AISI 410 merupakan baja tahan karat martensitik yang sangat sering dijumpai baik di bidang industri ataupun kesehatan. Untuk pengaplikasiannya dalam dunia industri baja ini dapat sering dijumpai pada komponen *blade* sistem turbin uap. Karena baja ini termasuk baja tahan karat martensitik, kekerasan dari baja AISI 410 tergolong tinggi untuk baja tahan karat dengan sifat resistensi terhadap karat yang termasuk tinggi. Selain hal tersebut keunggulan baja ini adalah mampu diberikan perlakuan panas seperti *hardening* atau *tempering* yang bertujuan menambah kekerasan dari baja ini.

Heat Treatment atau perlakuan panas diterapkan dengan memanaskan baja tahan karat martensitik hingga temperatur tertentu dicapai, lalu di tahan untuk beberapa waktu (*Holding time*) untuk mendapatkan kerataan, dan bagian terakhir didinginkan dengan media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kecepatan pendinginan yang berbeda-beda. Dimana proses tersebut yang mengakibatkan perubahan sifat mekanik, fisik maupun kimia dari material seperti kekerasan dan laju korosi.

Holding time yang ditentukan akan mempengaruhi dari kerataan austenisasi material tersebut dimana dengan waktu yang tepat akan mengakibatkan kerataan yang maksimal, sedangkan *holding time* yang terlalu cepat atau terlalu lama akan mengakibatkan hasil sifat material tidak sesuai dengan yang diinginkan.

Penggunaan larutan garam dalam proses *quenching* sebagai media pendingin tergolong telah lama, bahkan mulai

abad 18. Pada saat itu, penggunaan larutan garam sebagai media pendingin memiliki beberapa keuntungan, yaitu mudah dalam pengaturan dan pemeliharaan, serta hasilnya mempunyai kualitas yang konsisten/seragam. Larutan garam digunakan karena memiliki sifat mendinginkan yang lebih merata dan cepat. Semakin tinggi kadar garam dalam media *quenching* dapat mempercepat proses pendinginan, hal ini dibuktikan dengan munculnya struktur martensitik yang semakin banyak dan halus pada kadar garam yang semakin tinggi [1].

Salah satu sifat mekanis yang sangat menunjang kinerja material adalah kekerasan. Dalam dunia industri kekerasan material khususnya AISI 410 dimana memiliki kegunaan alat potong dan tahan gesek untuk komponen yang bergesekan. Kekerasan merupakan salah satu sifat yang sangat mudah didapatkan dengan berbagai metode seperti vicker, rockwell, ataupun brinell.

Perlakuan panas pada baja akan mempengaruhi pada korosi sebagai akibat adanya pengendapan fasa lain atau peningkatan dan penurunan tegangan, suatu endapan dapat bersifat anodik atau katodik terhadap matriks logamnya, dengan perlakuan panas bila timbul endapan akan terbentuk anoda dan katoda yang menyebabkan timbulnya korosi [2].

Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara *holding time* dan jumlah konsentrasi garam media pendingin terhadap nilai kekerasan dan laju korosi baja AISI 410.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan jenis eksperimen bagian dari perlakuan panas dan pengujian bahan teknik yang dilakukan dengan metode uji kekerasan dan laju korosi.

B. Tempat Penelitian

Peralatan dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian, atau bentuk lain menyesuaikan dengan tema penelitian masing-masing.

C. Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perlakuan Bahan dan Pengujian Bahan Teknik. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

Tabel 1. Rancangan Percobaan

Kode Benda	Holding time	Kadar Garam
H10G0 1,2,3	10 Menit	0%
H20G0 1,2,3	20 Menit	0%
H30G0 1,2,3	30 Menit	0%
H10G10 1,2,3	10 Menit	10%
H20G10 1,2,3	20 Menit	10%
H30G10 1,2,3	30 Menit	10%
H10G20 1,2,3	10 Menit	20%
H20G20 1,2,3	20 Menit	20%
H20G20 1,2,3	30 Menit	20%
H10G30 1,2,3	10 Menit	30%
H20G30 1,2,3	20 Menit	30%
H30G30 1,2,3	30 Menit	30%

D. Pengujian

1) Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan *rockwell c* dengan pengulangan di 3 titik yang berbeda untuk mendapatkan data yang valid dan dirata-rata.

2) Uji Laju Korosi

Pengujian laju korosi menggunakan metode kehilangan berat dimana benda timbang kondisinya sebelum dan setelah perendaman dalam kurun waktu yang telah ditentukan dan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut,

$$CR = \frac{kx\Delta W}{AxTxD} \quad (1)$$

Dimana :

- CR = Laju korosi (mils/tahun)
- D = Densitas (gr/cm³)
- ΔW = Berat yang Hilang (gr)
- T = Waktu (Jam)
- A = Luas Penampang (cm²)
- K = Konstanta

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa data hasil uji kekerasan dan laju korosi bahan setelah proses perlakuan panas *hardening* dengan menggunakan metode *rockwell c* dan metode kehilangan berat dapat ditampilkan dalam bentuk grafik-grafik sebagai berikut,

A. Data Kekerasan Bahan Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening

1) Data Kekerasan Bahan Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening Variasi Holding Time

Setelah proses *hardening* didapatkan nilai kekerasan sebagai berikut,

Tabel 2. Kekerasan baja AISI 410 variasi *holding time*

No	Kode	Kekerasan (HRC)	Rata-Rata (HRC)
1	H10G0, G10, G20, G30	44,6 ; 44,9 ; 45,0 ; 44,7	44,8
2	H20G0, G10, G20, G30	44,9 ; 46,1 ; 45,9 ; 45,6	45,6
3	H30G0, G10, G20, G30	46,8 ; 46,1 ; 45,8 ; 47,3	46,5

2) Data Laju Korosi Bahan Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening Variasi Holding Time

Setelah proses *hardening* didapatkan nilai kekerasan sebagai berikut,

Tabel 3. Kekerasan baja AISI 410 variasi kadar garam media pendingin

No	Kode	Kekerasan (HRC)	Rata-Rata (HRC)
1	H10G0, H20G0, H30G0	44,6 ; 44,9 ; 46,8	45,4
2	H10G10, H20G10, H30G10	44,9 ; 46,1 ; 46,1	45,7
3	H10G20, H20G20, H30G20	45,0 ; 45,9 ; 45,8	45,6
4	H10G30, H20G30, H30G30	44,7 ; 45,6 ; 47,3	45,9

B. Data Laju Korosi Bahan Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening

1) Data Laju Korosi Bahan Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening Variasi Holding time

Setelah proses *hardening* didapatkan nilai laju korosi sebagai berikut,

Tabel 4. Laju korosi baja AISI 410 variasi *holding time*

No	Kode	Laju Korosi (MPY)	Rata-Rata (MPY)
1	H10G0, G10, G20, G30	1,7649 ; 1,7328 ; 1,6187 ; 1,2671	1,5959
2	H20G0, G10, G20, G30	1,0549 ; 0,9248 ; 0,8873 ; 0,7373	1,0340
3	H30G0, G10, G20, G30	1,0899 ; 1,1214 ; 1,0455 ; 0,3303	0,8968

2) *Data Laju Korosi Bahan Setelah Proses Perlakuan Panas Hardening Variasi Konsentrasi Garam*

Setelah proses *hardening* didapatkan nilai laju korosi sebagai berikut,

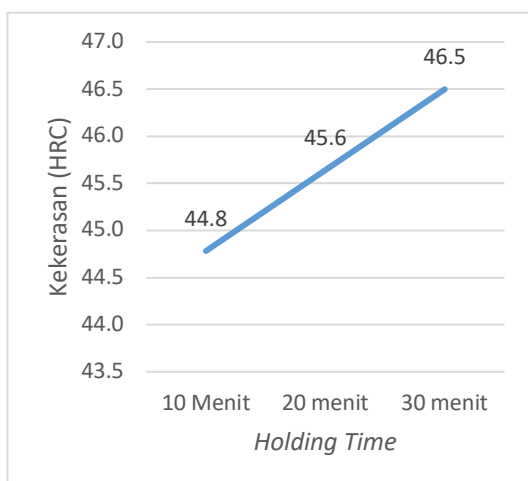
Tabel 5. Laju korosi baja AISI 410 variasi kadar garam media pendingin

No	Kode	Laju Korosi (MPY)	Rata-Rata (MPY)
1	H10G0, H20G0, H30G0	1,7649 ; 1,0549 ; 1,0899	1,3032
2	H10G10, H20G10, H30G10	1,7328 ; 0,9248 ; 0,8873	1,2596
3	H10G20, H20G20, H30G20	1,6187 ; 0,8873 ; 1,0455	1,1839
4	H10G30, H20G30, H30G30	1,2671 ; 0,7373 ; 0,3303	1,0136

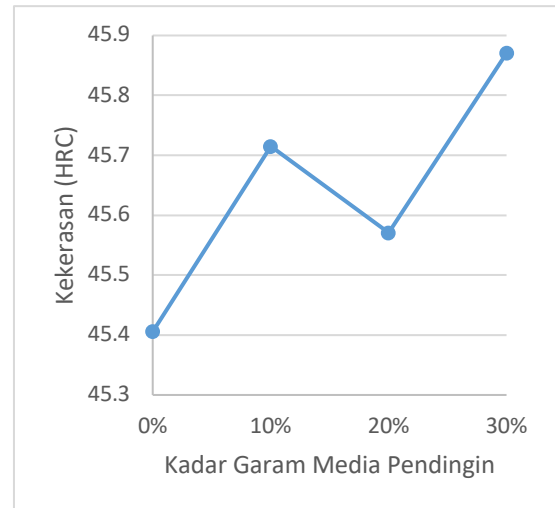
C. *Pembahasan*

1) *Pengaruh Variasi Holding Time Terhadap Kekerasan Baja AISI 410 Hasil Hardening*

Gambar 1 menunjukkan grafik pengaruh variasi *holding time* terhadap kekerasan hasil hardening menunjukkan nilai kekerasan tertinggi pada *holding time* 30 menit, melalui grafik ini dapat dilihat bahwa semakin lama *holding time*, semakin tinggi nilai kekerasan tapi dapat dimungkinkan apabila lama *holding time* ditambah nilai kekerasannya juga bertambah melihat dari tren grafik yang naik. Kenaikan nilai kekerasan dipengaruhi oleh semakin lama *holding time* yang diberikan maka bagian benda yang ter-austenisasi semakin sempurna dan terbentuknya martensit akan merata di seluruh benda.



Gambar 1. Grafik pengaruh variasi *holding time*



Gambar 2. Grafik pengaruh variasi kadar garam media pendingin terhadap kekerasan hasil *hardening*

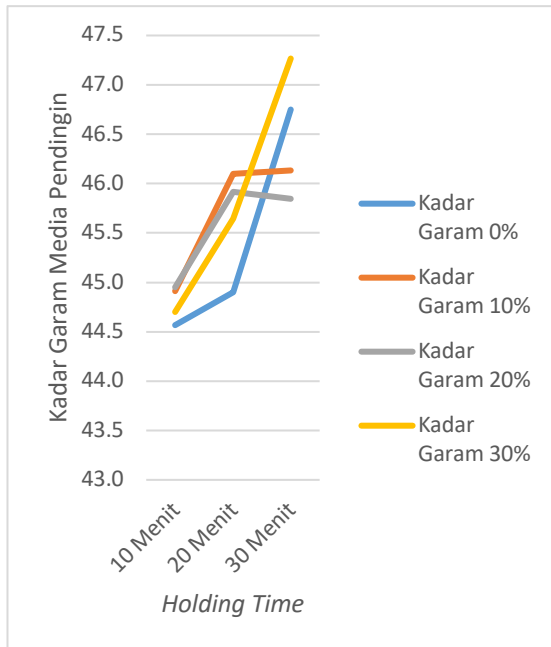
2) *Pengaruh Variasi Konsentrasi Garam Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja AISI 410 Hasil Hardening*

Pada Gambar 2, grafik pengaruh variasi kadar garam media pendingin terhadap kekerasan menunjukkan bahwa kadar garam media pendingin 30% menghasilkan nilai kekerasan yang paling tinggi dibandingkan variasi lainnya. Namun dapat dilihat bahwa kenaikan dari nilai kekerasan tidak signifikan, dimungkinkan karena nilai konduktifitas thermal stainless steel yang rendah yang mengakibatkan sukarnya terjadi perpindahan panas.

3) *Pengaruh Interaksi Holding Time dan Kadar Garam Media Pendingin Terhadap Kekerasan Baja AISI 410 Hasil Hardening*

Gambar 3 menunjukkan hasil dimana pengaruh interaksi dari variasi *holding time* dan kadar garam media pendingin terhadap nilai kekerasan. Dapat dilihat bahwa pada *holding time* 10 menit menunjukkan nilai kekerasan tertinggi dengan kadar garam 20%, sedangkan nilai kekerasan terendah dengan kadar garam 0%. Pada interaksi *holding time* 20 menit menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi dengan kadar garam 10%, sedangkan nilai kekerasan terendah dengan kadar garam 0%. Hasil interaksi *holding time* 30 menit menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi dengan kadar garam 30%, sedangkan nilai kekerasan terendah dengan kadar garam 20%.

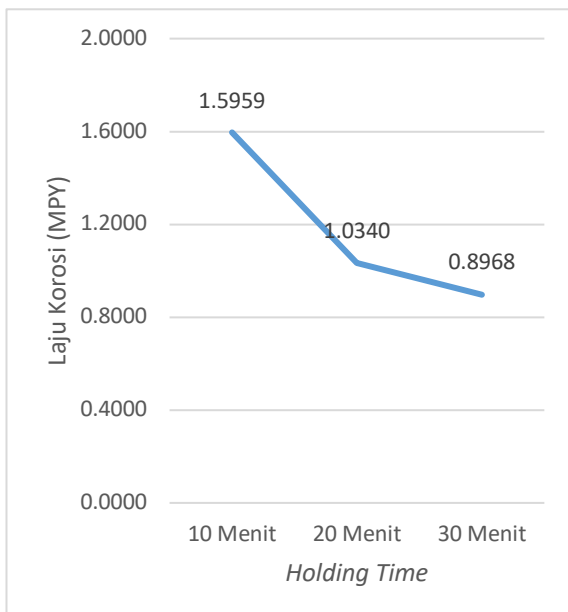
Hasil nilai kekerasan yang dihasilkan pada setiap *holding time* dan kadar garam media pendingin akan mempengaruhi adanya kenaikan ataupun penurunan pada nilai kekerasan, dimana nilai kekerasan tertinggi ditunjukkan oleh kadar garam 30% dengan *holding time* 30 menit hal ini dikarenakan semakin tinggi kadar garam maka semakin cepat laju pendinginan yang terjadi dimana semakin cepat laju pendinginan maka struktur martensit juga semakin banyak hal inilah yang menyebabkan kadar garam 30% memiliki nilai kekerasan tertinggi dan semakin lama *holding time* yang diberikan maka bagian benda yang ter-austenisasi semakin merata dan kekerasan akan merata diseluruh benda.



Gambar 3. Grafik interaksi holding time dan kadar garam media pendingin terhadap kekerasan hasil hardening

4) Pengaruh Variasi Holding time Terhadap Laju Korosi Baja AISI 410 Hasil Hardening

Pada Gambar 4, hasil hardening variasi *holding time* terhadap nilai laju korosi dapat dilihat laju korosi terendah dimiliki oleh variasi *holding time* 30 menit, sedangkan nilai laju korosi tertinggi dimiliki oleh variasi *holding time* 10 menit. Hal ini dimungkinkan karena dimana atom carbon yang terjebak pada struktur BCT memungkinkan menutup atau membuat ikatan dengan atom Fe rapat sehingga mengakibatkan sebagian permukaan atom Fe tertutup atom carbon sehingga susah berkontak dengan media korosi.



Gambar 4. Grafik pengaruh variasi holding time terhadap laju korosi hasil hardening

5) Pengaruh Variasi Konsentrasi Garam Media Pendingin Terhadap Laju Korosi Baja AISI 410 Hasil Hardening

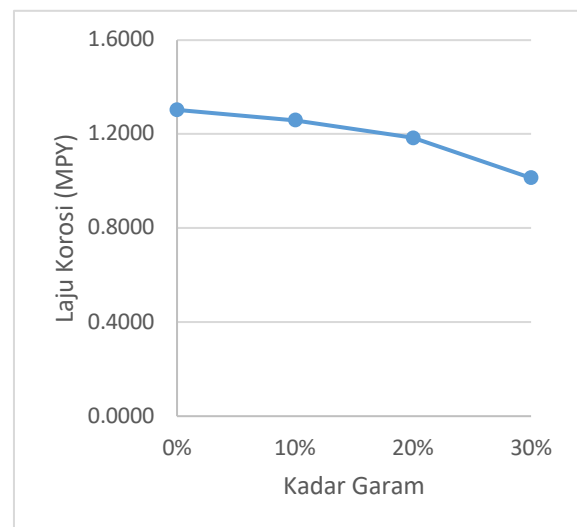
Pada Gambar 5, hasil hardening variasi kadar garam media pendingin terhadap nilai laju korosi dapat dilihat laju

korosi terendah dimiliki oleh variasi kadar garam 30%, sedangkan nilai laju korosi tertinggi dimiliki oleh variasi kadar garam 0%. Hal ini sesuai pernyataan bahwa larutan garam mampu mengurangi pengaruh buruk proses pemanasan dan pendinginan yang tidak seragam yang mengakibatkan munculnya distorsi bentuk dan retak yang merupakan salah satu penyebab korosi.

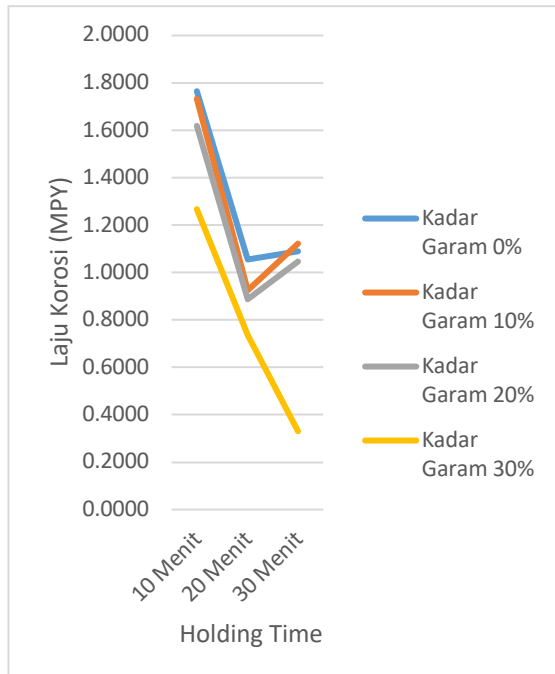
6) Pengaruh Interaksi Holding Time dan Konsentrasi Garam Media Pendingin Terhadap Laju Korosi Baja AISI 410 Hasil Hardening

Gambar 6 menunjukkan hasil dimana pengaruh interaksi dari variasi *holding time* dan kadar garam media pendingin terhadap nilai laju korosi. Dapat dilihat bahwa pada *holding time* 10 menit menunjukkan nilai laju korosi tertinggi dengan kadar garam 0%, sedangkan nilai laju korosi terendah dengan kadar garam 30%. Pada interaksi *holding time* 20 menit menunjukkan bahwa nilai laju korosi tertinggi dengan kadar garam 0%, sedangkan nilai kekerasan terendah dengan kadar garam 30%. Hasil interaksi *holding time* 30 menit menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi dengan kadar garam 10%, sedangkan nilai kekerasan terendah dengan kadar garam 30%.

Hasil nilai laju korosi yang dihasilkan pada setiap *holding time* dan kadar garam media pendingin akan mempengaruhi adanya kenaikan ataupun penurunan pada nilai laju korosi, dimana nilai laju korosi terendah ditunjukkan oleh kadar garam 30% dengan *holding time* 30 menit, hal ini dikarenakan garam sebagai media pendingin memiliki keuntungan pendinginan yang merata yang dapat mencegah distorsi/perubahan bentuk dan retak yang merupakan salah satu penyebab korosi. Sedangkan semakin lama *holding time* yang diberikan maka bagian benda yang ter-austenisasi semakin merata atau homogen yang mengakibatkan tidak adanya konsentrasi tegangan yang timbul akibat kurang meratanya proses hasil hardening yang dimana konsentrasi tegangan merupakan penyebab dari munculnya korosi.



Gambar 5. Grafik pengaruh variasi kadar garam media pendingin terhadap laju korosi hasil hardening



Gambar 6. Grafik interaksi holding time dan kadar garam media pendingin terhadap laju korosi hasil hardening

- Medium Carbon Steel," *JMCE*, vol. 11, no. 2, pp. 143-152, 2021.
- [7] F. Dong-Li, X. Yueming and T. Xiaohui, Heat Treatment, Technical Data Manual, Beijing: Mechanical Industry Press, 2006.
- [8] D. Fadare, T. Fadara and O. Akanbi, "Effect of Heat Treatment of Mechanical Properties and Microstructure of NST 37-2 Steel," *JMMCE*, vol. 10, no. 3, pp. 299-308, 2011.
- [9] S. Hadi, Teknologi Bahan, Yogyakarta: CV. Andi Offset, 2016.
- [10] S. T and S. S, Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1999.

IV. KESIMPULAN

Variasi *holding time* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan dan laju korosi dari baja aisi 410 dimana kekerasan tertinggi dimiliki oleh *holding time* 30 menit dengan nilai 46,5 HRC, sedangkan untuk laju korosi terbaik juga dimiliki oleh *holding time* 30 menit dengan nilai 0,8968 MPY.

Variasi konsentrasi garam media pendingin tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan tapi memiliki pengaruh yang signifikan pada laju korosi baja AISI 410 hasil *hardening*. Dimana untuk nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh konsentrasi garam media pendingin 30% dengan nilai 45,9 HRC, sedangkan untuk laju korosi terbaik juga dimiliki oleh konsententrasi garam media pendingin 30% dengan nilai 1,0136 MPY.

V. REFERENSI

- [1] Yuniadi, "Pengaruh Jumlah Konsentrasi Larutan Garam Pada Proses Quenching Baja Karbon Sedang S45c," *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, vol. 1, no. 3, pp. 70-76, 2016.
- [2] R. Supardi, Korosi, Bandung: Tarsito, 1997.
- [3] K. Rahangmetan, Cipto, C. W. Wullur, D. Parenden and F. Sariman, "Materials Science and Engineering," *IOP Conference Series*, vol. 1125, no. 1, 2021.
- [4] P. Offor, C. Daniel and D. Obikwelu, "Effect of Various Quenching Media on the Mechanical Properties of Intercritically Annacaled," *NJT*, vol. 29, no. 2, pp. 76-81, 2010.
- [5] J. Odusote, T. Ajiboye and A. Rabi, "Evaluation of Mechanical Properties of Medium Carbon Steel Quenched in Water and Oil," *AUJ.T.*, vol. 15, no. 4, pp. 218-224, 2021.
- [6] T. Senthilkumar and T. Ajiboye, "Effect of Heat Treatment Processes on the Mechanical Properties of